

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①2 **Offenlegungsschrift**
①1 **DE 35 15 126 A 1**

⑤1 Int. Cl. 4:
G 01 L 1/04
G 01 D 5/20

②1 Aktenzeichen: P 35 15 126.9
②2 Anmeldetag: 26. 4. 85
④3 Offenlegungstag: 30. 10. 86

Behördeneigentum

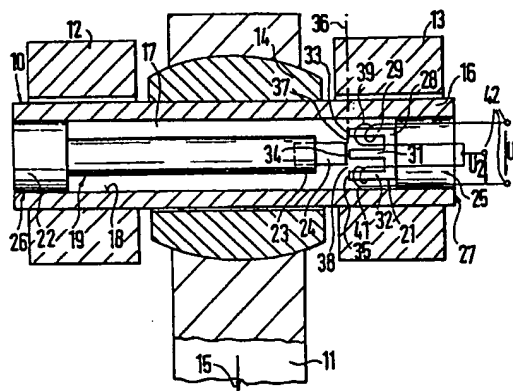
DE 35 15 126 A 1

⑦1 Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:
Höfer, Friedrich-Wilhelm, 7257 Ditzingen, DE;
Mohaupt, Hubert, 7120 Bietigheim, DE

⑤4 Elektromechanischer Kraftmesser

Es wird ein elektromechanischer Kraftmesser (10) zur Bestimmung der auf ein bewegliches, kraftübertragenes Element (11) einer Maschine einwirkenden Kraft vorgeschlagen, bei dem ein biegeelastischer, rohrförmiger Bolzen (16) in einem Hohlraum (17) einen an einem Bolzenende (26) einseitig fest eingespannten starren Meßstab (19) und einen am anderen Bolzenende (27) eingesetzten Sensor (21) aufweist. Das freie Ende (23, 24) des Meßstabes (19) sowie drei Pole (33 bis 35) des induktiv arbeitenden Sensors (21) liegen beiderseits einer Ebene (38), die radial zur Längsachse des Bolzens (16) verläuft. Gegensinnige Änderungen der zwischen Meßstab-Ende (24) und äußeren Polen (33, 35) gebildeten Luftspalte (37, 38) durch das sich verlagernde, freie Ende (24) bei Durchbiegung des Bolzens (16) unter Krafteinwirkung, ergeben Spannungssignale am Sensoranschluß (42), deren Größe proportional zur Größe der zu messenden Kraft (15) ist. Der Kraftmesser ist ausbaufähig zur Messung von Kräften in zwei unterschiedlichen Ebenen und ermöglicht bei elektrohydraulischen Hubwerks-Regelvorrichtungen von Traktoren vielseitige Regelungsarten von Anbaugeräten.



DE 35 15 126 A 1

Patentansprüche

1. Elektromechanischer Kraftmesser zur Bestimmung der auf ein bewegliches, kraftübertragendes Element einer Maschine einwirkenden Kraft, mit einem an mindestens einer Stelle in der Maschine gelagerten, balkenartigen Bauelement, das aus einem als Schwenklager für das kraftübertragende Element dienenden Bolzen besteht, in den die zu bestimmende Kraft senkrecht bezüglich der Längsachse des Bauelements eingeleitet wird und bei dem das balkenartige Bauelement im Abschnitt zwischen Lagerung in der Maschine und Schwenklager auf Biegung beansprucht wird, wobei die Lageänderung zwischen dem biegeelastischen Bauelement relativ zu einem biegesteifen Teil von einem elektromagnetischen Sensor abgetastet wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Bolzen (16; 61) durch einen Hohlraum (17) im wesentlichen röhrenförmig ausgebildet ist und in seinem Innern als biegesteifes Teil einen nicht von Biegekräften belasteten Meßstab (19) aufnimmt, der mit seinem einen Ende (22) fest im einen Ende (26) des biegeelastischen Bauelements (16; 61) gelagert ist, während das andere, freie Ende (23) des Meßstabes (19) mit dem im anderen Ende (27) des Bolzens (16; 61) angeordneten Sensor (21; 62) zusammenarbeitet, daß das freie Ende (23) des Meßstabes (19) in einer zur Längsachse des Bolzens (16; 61) radial verlaufenden Ebene (36) beweglich ist, und daß unmittelbar angrenzend an diese Ebene (36) auf der vom Meßstab (19) abgewandten Seite die Pole (33, 34, 35) des Sensors (21; 62) angeordnet sind.
2. Elektromechanischer Kraftmesser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Pole (33, 34, 35) an einem E-förmigen Spulenkern (28) ausgebildet sind, dessen Schenkel (29, 31, 32) im wesentlichen in einer Ebene liegen, die vom kraftübertragenden Element (11) und der Längsachse des Bolzens (16) gebildet wird.
3. Elektromechanischer Kraftmesser nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das freie Ende des Meßstabes (23) ein den Polen (33 bis 35) gegenüberliegendes Stegteil (24) aus magnetisch leitendem Material aufweist und das Stegteil (24) bei nicht belastetem Bolzen (16) symmetrisch zum mittleren Pol (34) liegt und mit den beiden äußeren Polen (33, 35) gleich große Luftspalte (37, 38) bildet.
4. Elektromechanischer Kraftmesser nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden äußeren Schenkel (29, 32) elektrische Spulen (39, 41) aufweisen und der wechselstrombetriebene Sensor (21) als Differenzdrossel ausgebildet ist.
5. Elektromechanischer Kraftmesser nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß alle drei Schenkel mit Spulen besetzt sind und der wechselstrombetriebene Sensor als Differenztransformator ausgebildet ist.
6. Elektromechanischer Kraftmesser nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß am freien Ende (23) des Meßstabes (19) ein Permanentmagnet (51) angeordnet ist, und der Sensor (21) eine mit Gleichspannung betriebene Differenzfeldplatte (52) aufweist.
7. Elektromechanischer Kraftmesser nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Bolzen (16) mit seinen bei-

- den äußeren Enden (26, 27) mit Spiel gelagert ist und das kräfteübertragende Element (11) zwischen diesen beiden Lagerstellen (12, 13) am Bolzen (16) insbesondere mittig angreift, und daß der Meßstab (19) in einem Ende (26) des Bolzens (16) einseitig fest eingespannt ist.
8. Elektromechanischer Kraftmesser nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Bolzen (61) mit einem Ende (63) in der Maschine (64) befestigt ist, während im Abstand davon das kräfteübertragende Element (11) schwenkbar auf dem Bolzen (61) gelagert ist und die Einspannstelle (26) des Meßstabes (19) in dem frei auskragenden Ende (65) des Bolzens (61) liegt.
 9. Elektromechanischer Kraftmesser nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß zum Messen in wenigstens zwei verschiedenen Richtungen zusätzliche Pole (67, 68) angeordnet sind, die in derselben radialen Ebene (36) wie die ersten Pole (33, 34, 35) liegen und zu letzteren verdreht angeordnet sind.
 10. Elektromechanischer Kraftmesser nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten (33 bis 35) und zweiten Pole (67, 68) einen Doppelförmigen Spulenkern (66) bilden, bei dem die zweiten Pole (67, 68) in einer Ebene senkrecht zu den ersten Polen (33 bis 35) liegen.
 11. Elektromechanischer Kraftmesser nach Anspruch 9 oder 10, gekennzeichnet durch seine Verwendung in einer elektrohydraulischen Einrichtung (81) zur Hubwerksregelung an einem landwirtschaftlichen Arbeitsfahrzeug (80) mit über ein Dreipunktgestänge heck- und/oder frontseitig anlenkbaren Anbaugeräten (82, 89).
 12. Elektromechanischer Kraftmesser nach Anspruch 11, gekennzeichnet durch die Verwendung seiner den horizontalen Kräften (F_H) entsprechenden Signale im heckseitigen Regelkreis (85) für eine Zugkraft- und/oder Lageregelung des Arbeitsgeräts (82) und seiner von vertikalen Kräften (F_V) abhängigen Signale zur stabilisierenden Rückkopplung im Regelkreis (85).
 13. Elektromechanischer Kraftmesser nach Anspruch 11, gekennzeichnet durch die Verwendung der den gemessenen, vertikalen Kräften (F_V) entsprechenden Signale als Regelgröße im heckseitigen Regelkreis (85).
 14. Elektromechanischer Kraftmesser nach Anspruch 11, gekennzeichnet durch die Verwendung der den vertikalen Kräften (F_V) entsprechenden Signale des heckseitigen Kraftmessers (83) zur Regelung bzw. Begrenzung der Belastung der Vorderachse.
 15. Elektromechanischer Kraftmesser nach Anspruch 11, gekennzeichnet durch die Verwendung der den vertikalen Kräften (F_H) entsprechenden Signale zur Erzielung einer aktiven Schwingungsdämpfung, bei welcher das in eine Transportstellung ausgehobene, als Tilgermasse benutzte Anbaugerät (82) mit Hilfe des ersten Regelkreises (85) der Hubwerks-Regleinrichtung (81) in Richtung einer schwingungsdämpfenden Weise verstellt wird.
 16. Elektromechanischer Kraftmesser nach Anspruch 11, gekennzeichnet durch die Verwendung bei einem über ein Hubwerk (95) frontseitig am Arbeitsfahrzeug (80) anlenkbaren Anbaugerät (89)

und durch Verwendung der den vertikalen Kräften (F_v) entsprechenden Signale im frontseitigen Kraftmesser (91) als Regelgröße im frontseitigen Regelkreis (92) und insbesondere durch Verwendung der horizontalen Kraft (F_H) zur Begrenzung der maximalen Belastung.

Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem elektromechanischen Kraftmesser zur Bestimmung der auf ein bewegliches, kraftübertragendes Element einer Maschine einwirkenden Kraft nach der Gattung des Hauptanspruchs. Es ist schon ein solcher Kraftmesser aus der DE-OS 31 10 107 bekannt, der bei elektrohydraulischen Hubwerks-Regeleinrichtungen an landwirtschaftlichen Arbeitsfahrzeugen verwendet wird. Diese Kraftmesser arbeiten mit einem zweifach oder einfach gelagerten Biegestab aus vollem Material, an dem die zu regelnde Kraft über einen Lenker angreift und dessen Durchbiegung von einem Hall-Sensor gemessen wird, der am Maschinengehäuse fest angeordnet ist. Von Nachteil bei diesem Kraftmesser ist nun, daß es bei vielen Anwendungsfällen schwierig sein kann, für den Hall-Sensor einen geeigneten gehäusefesten Fixpunkt zu finden. Außerdem liegt der Hall-Sensor außerhalb des eigentlichen Biegeelements, wodurch der Kraftmesser relativ raumaufwendig baut. Diese Anordnung des Hall-Sensors kann den Kraftmesser auch schmutzempfindlich machen, besonders wenn das zu bearbeitende Material eisenhaltig ist. Zudem gestaltet sich die Abstimmung des Kraftmessers an der Maschine relativ schwierig. Weiterhin werden bei diesem Meßsystem die auftretenden Feldlinien nur teilweise ausgewertet, was zu einer geringen Signalausbeute führen kann. Insgesamt führen diese Hall-Sensoren zu einem relativ teuren und aufwendigen Meßsystem, dessen Kennlinien zudem stark von Temperaturschwankungen beeinflusst wird und somit nichtlineare Kennlinien ergibt. Obwohl bei dem bekannten Kraftmesser durch Anordnung mehrerer Hall-Sensoren die Kräfte am Biegestab in zwei verschiedenen Ebenen ermittelt werden können, werden hier keine näheren Angaben gemacht, wie diese Signale in Regelkreisen verarbeitbar sind.

Ferner ist aus der WO 82/02815 ein elektromechanischer Kraftmesser für eine elektrohydraulische Hubwerks-Regeleinrichtung bekannt, der mit einer zweifach im Gehäuse gelagerten Biegeachse arbeitet. Deren Durchbiegung wird von einer Fühlvorrichtung erfaßt, wozu an jedem stirnseitigen Ende der Biegeachse koaxial nach außen verlaufende Meßstäbe befestigt sind, welche gehäusefeste Hülsen durchgreifen und mit ihren freien Enden jeweils einen induktiv arbeitenden Wegaufnehmer betätigen. Dieser Kraftmesser hat jedoch den Nachteil, daß er in Längsrichtung der Biegeachse sehr lang baut. Die induktiven Wegaufnehmer sind radial zu den Meßstäben angeordnet und beanspruchen daher viel Raum, der in vielen Anwendungsfällen nicht vorhanden ist. Zur Lagerung des kraftübertragenden Elements, nämlich des Lenkers, sowie zur Meßwertermittlung sind räumlich voneinander getrennte Bauelemente erforderlich. Außerdem ist die Biegeachse bei diesem Kraftmesser nur schwer zugänglich.

Vorteile der Erfindung

Der erfindungsgemäße elektromechanische Kraftmesser mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, daß er einfach, robust und raumsparend baut, da ein ohnedies vorhandenes Bauteil die eigentliche Meßanordnung in sich aufnimmt. Der Kraftmesser ist besonders montagefreundlich und bei vorhandenen Einrichtungen leicht nachrüstbar. Der Bolzen des Kraftmessers kann hierbei aus hartem und verschleißfestem Material bestehen, da keinerlei Rücksicht auf die magnetischen Eigenschaften des Materials genommen werden muß. Der Kraftmesser eignet sich daher zur Übertragung großer Kräfte und erreicht hohe Standzeiten. Der Kraftmesser ermöglicht die Verwendung eines einfachen elektrischen Meßsystems mit relativ niedriger Temperaturabhängigkeit und linearen Kennlinien.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Hauptanspruch angegebenen Kraftmessers möglich. Besonders vorteilhaft sind Ausbildungen gemäß den Ansprüchen 2 bis 5, die ein billiges und einfaches Meßsystem für Wechselstrombetrieb ermöglichen, während eine Ausführung nach Anspruch 6 eine Gleichspannungsmessung begünstigt. Bei einer Ausführung gemäß Anspruch 7 läßt sich eine besonders kompakte und für die Übertragung großer Kräfte geeignete Lösung finden, die zudem große Ausgangssignale ermöglicht. Äußerst vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Ansprüchen 9 und 10, wodurch bei geringem zusätzlichem Aufwand und unter Beibehaltung der kompakten Bauweise Kräfte in verschiedenen Richtungen meßbar sind. Aus den Ansprüchen 12 bis 16 ergeben sich besonders vorteilhafte Anwendungsfälle für einen in zwei verschiedenen Ebenen messenden Kraftmesser. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus der Beschreibung und der Zeichnung.

Zeichnung

Mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 einen Längsschnitt durch einen elektromechanischen Kraftmesser in vereinfachter Darstellung, wie er in einer elektrohydraulischen Hubwerks-Regeleinrichtung eines Traktors zur Messung der Zugkraft im Lenker verwendbar ist,

Fig. 2 einen Längsschnitt durch eine zweite Ausführungsform eines Kraftmessers für Gleichspannungsmessung in vereinfachter Darstellung,

Fig. 3 einen Längsschnitt durch eine dritte Ausführungsform eines Kraftmessers zum Messen von Kräften in verschiedenen Ebenen,

Fig. 4 als Einzelheit den Doppel-E-förmigen Spulenkern des Kraftmessers nach Fig. 3 in perspektivischer Darstellung und

Fig. 5 die Anwendung des Kraftmessers nach Fig. 3 bei einem Traktor mit heck- und frontseitig angebauten Arbeitsgeräten, die mit Hilfe von elektrohydraulischen Hubwerks-Regeleinrichtungen betätigbar sind.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Die Fig. 1 zeigt in vereinfachter Darstellung einen elektromechanischen Kraftmesser 10, mit dem ein bewegliches kraftübertragendes Element 11 zwischen ei-

nem inneren (12) und einem äußeren Lagerauge 13 einer Maschine gelagert ist. Das Element 11 ist über eine Kugelhülse 14 schwenkbar auf dem Kraftmesser 10 gelagert und leitet eine zu bestimmende Kraft 15 im wesentlichen senkrecht zur Längsachse des Kraftmessers 10 in letzteren ein.

Das kraftübertragende Element 11 ist in vorliegendem Fall der Lenker eines Dreipunktgestänges einer elektrohydraulischen Hubwerks-Regleinrichtung an einem Traktor. Die beiden Lageraugen 12 und 13 sind fest mit dem Gehäuse des Traktors verbunden. Der Kraftmesser 10 weist einen Bolzen 16 auf, der durch einen Hohlraum 17 in Form einer durchgehenden Bohrung 18 im wesentlichen rohrförmig ausgebildet ist. In dem Hohlraum 17 des Bolzens 16 sind von einander entgegengesetzten Seiten her ein Meßstab 19 sowie ein induktiv arbeitender Sensor 21 eingebaut.

Der Bolzen 16, der die beiden Lageraugen 12 und 13 sowie die Kugelhülse 14 mit Spiel durchdringt, bildet hierbei das federnde, biegeelastische Bauelement des Kraftmessers 10. Er besteht zu diesem Zweck aus einem geeigneten Material, das neben hoher Festigkeit auch eine geeignete Elastizität aufweist, wie z.B. Stahl. Durch die Lagerung des Bolzens 16 mit Spiel kann er sich unter Einwirkung der zu messenden Kraft 15 so durchbiegen, daß für ihn der Belastungsfall eines zweiseitig frei aufliegenden Trägers gilt.

Der in der Bohrung 18 liegende Meßstab 19 stellt das nicht biegeelastische Bauelement dar, das bei der beschriebenen Durchbiegung des Bolzens 16 seine starre Form beibehält. Der Meßstab 19 weist an seinem einen Ende einen kurzen zylindrischen Abschnitt 22 auf, mit dem er in der Bohrung 18 fest eingespannt ist. Diese Einspannstelle 26 des Meßstabes 19 liegt im Bereich des inneren Lagerauges 12 und ist somit möglichst weit nach außen verlegt. Die Einspannstelle 26 liegt damit am Ende der Biegelinie des Bolzens 16, so daß dessen Verformung voll ausgenutzt werden kann. Der Meßstab 19 trägt an seinem anderen, freien Ende 23, ein Stegteil 24 aus ferromagnetischem Material, das mit dem unmittelbar gegenüberliegenden Sensor 21 zusammenarbeitet.

Der Sensor 21 weist ein zylindrisches Kolbenteil 25 auf, das an dem der Einspannstelle 26 gegenüberliegenden Ende 27 des Bolzens 16 in den Hohlraum 17 eingebaut ist. Auf der dem Stegteil 24 zugewandten Seite des Kolbenteils 25 ist ein E-förmiger Spulenkern 28 angeordnet, dessen drei parallele Schenkel 29, 31 und 32 in einer radialen Ebene 36 liegende Pole 33, 34 bzw. 35 bilden. Die Pole 33, 34, 35 liegen somit nicht nur in der Ebene 36, die radial zur Längsachse des Meßbolzens 10 verläuft, sondern zusätzlich auch in einer Ebene, die durch die Längsachse des Bolzens 16 verläuft und in der im wesentlichen die Angriffsrichtung der Kraft 15 liegt. In der letztgenannten Ebene bewegt sich auch der Steg 24 bei einer Durchbiegung des Bolzens 16 im Belastungsfall. Bei unbelastetem Kraftmesser 10, wie dies Fig. 1 näher zeigt, liegt der Steg 24 dem mittleren Schenkel 31 koaxial gegenüber und bildet mit den äußeren Schenkeln 29 und 32 gleich große Luftspalte 37 und 38. Auf den beiden äußeren Schenkeln 29 und 32 sind elektrische Spulen 39 bzw. 41 angeordnet, zwischen deren Anschlußpunkten 42 die jeweiligen Meßspannungen abgreifbar sind.

Die Wirkungsweise des elektromechanischen Kraftmessers 10 wird wie folgt erläutert: Bei dem in Fig. 1 dargestellten, unbelasteten Zustand des Kraftmessers 10 verlaufen der Bolzen 16 und der Meßstab 19 koaxial zueinander. Das Stegteil 24 liegt dem mittleren Pol 34

symmetrisch gegenüber und bildet gleich große Luftspalte 37 und 38 zu den äußeren Polen 33 und 35 hin. Über die Anschlußpunkte 42 werden die Spulen 39 und 41 in an sich bekannter Weise mit einer Wechselspannung beaufschlagt, wobei das bei gleich großen Luftspalten 37, 38 abgegriffene Spannungssignal den unbelasteten Zustand des elektromechanischen Kraftmessers 10 signalisiert, bei dem die zu bestimmende äußere Kraft 15 Null ist.

Wirkt nun auf das Element 11 eine äußere Kraft 15, so wird der biegeelastische Bolzen 16 — bezogen auf Fig. 1 — nach unten durchgebogen. Der rohrförmige Bolzen 16 verformt sich hierbei im wesentlichen nach dem Belastungsfall eines beidseitig frei aufliegenden Trägers. Der nicht von Biegekräften belastete Meßstab 19 behält seine starre Form bei. Da er jedoch mit seinem zylindrischen Abschnitt in dem rohrförmigen Bolzen 16 fest eingespannt ist, nimmt er eine Lage ein, die einer Tangente an die Biegelinie des Bolzens 16 in der Einspannstelle 26 entspricht. Hierbei wandert das Stegteil 24 nach unten, wobei der Luftspalt 37 vergrößert und der Luftspalt 38 entsprechend verkleinert wird. Diese Lageänderung des Stegteiles 24 wird induktiv von den Spulen 39 und 41 erfaßt. Der Sensor 21 ermittelt in an sich bekannter Weise nach Art einer Differenzdrossel Spannungssignale an den Anschlußpunkten 42, deren Größe proportional ist zur Größe der äußeren Kraft 15. Der Kraftmesser 10 kann somit bei relativ einfacher und robuster Bauweise und unter Anwendung eines einfachen Meßprinzips die auftretende Kraft 15 im Lenker 11 messen und in ein dazu proportionales elektrisches Spannungssignal umwandeln. Das an den Anschlußpunkten 42 abgreifbare Meßsignal wird in an sich bekannter Weise in einer elektrohydraulischen Hubwerks-Regleinrichtung weiterverarbeitet.

Bei dem beschriebenen Meßvorgang befindet sich die Angriffsrichtung der Kraft 15 am Element 11 im wesentlichen in einer Ebene, in der auch die Pole 33, 34, 35 des E-förmigen Spulenkerns 28 liegen, und in der sich auch das Stegteil 24 bei einer Durchbiegung des Bolzens 16 bewegt. Die magnetischen Flußlinien der Spule 39 verlaufen über den ersten, äußeren Schenkel 29, den mittleren Schenkel 31 des Spulenkerns 28, durch die Ebene 36 hindurch in das Stegteil 34 und über den ersten Luftspalt 37 zum ersten Schenkel 29 zurück. In entsprechender Weise verlaufen die Magnetflußlinien der zweiten Spule 41 über den zweiten äußeren Schenkel 32, den mittleren Schenkel 31, das Stegteil 24 und den zweiten Luftspalt 38. Die Widerstände in den beiden magnetischen Flußlinienkreisen, welche durch die anliegende Wechselspannung U_1 induziert werden, werden bei einer Auslenkung des Stegteils 24 aus seiner bezeichneten, mittleren Ruhelage in entgegengesetzter Richtung verändert, wodurch ein Meßeffect über die Spannung U_2 an den Anschlußpunkten 42 abgreifbar ist.

Der Meßbolzen 10 kann in entsprechender Weise anstelle der gezeichneten Zugkraft 15 auch Druckkräfte im Element 11 messen, wobei sich der Bolzen 16 in entgegengesetzter Richtung nach oben durchbiegt und das Stegteil 24 den ersten Luftspalt 37 verringert und gleichzeitig den zweiten Luftspalt 38 entsprechend vergrößert. Das aus ferritischem Material bestehende Stegteil 24 ist im freien Ende 23 des Meßstabes 19 fest eingesetzt, der aus einem geeigneten, nicht ferritischem Material bestehen kann. Der die radiale Ebene 36 definierende Luftspalt zwischen den Polen 33 bis 35 und dem zugeordneten Stegteil 34 wird möglichst klein ausgeführt und wird in nicht näher gezeichneter Weise ein-

stellbar gehalten, indem vorzugsweise das Stegteil 24 in seiner axialen Lage relativ zum Meßstab 19 bzw. der Kolbenteil 25 im Bolzen 16 entsprechend justierbar ist.

Die Fig. 2 zeigt einen Längsschnitt durch einen zweiten Kraftmesser 50, der sich von demjenigen nach Fig. 1 wie folgt unterscheidet, wobei für gleiche Bauelemente gleiche Bezugszeichen verwendet werden.

Der Meßstab 19 trägt an seinem freien Ende 23 anstelle eines Stegteiles 24 nunmehr einen Stabmagnet 51. Der Stabmagnet 51 ist mit seinem Nordpol dem Sensor 21 zugewandt, der hier jedoch als eine am Kolbenteil 25 angeordnete Differenz-Feldplatte 52 ausgebildet ist. Auch hier liegen die Pole 33, 34, 35 der Differenz-Feldplatte 52 auf einer Seite der Ebene 36 und zudem in einer Ebene durch die Längsachse des Bolzens 16, in der auch im wesentlichen die Kraftangriffsrichtung liegt.

Die Wirkungsweise des zweiten Kraftmessers 50 entspricht im wesentlichen derjenigen des ersten Kraftmessers 10, wobei jedoch mit der Differenz-Feldplatte 52 eine Gleichspannungsmessung betrieben wird. Infolge der flachen Bauweise der Feldplatte 52 kann bei gleichbleibender Länge des Bolzens 16 der Meßstab 19 länger ausgeführt werden, wodurch sich am Stabmagnet 51 eine größere Lageänderung abgreifen läßt.

Die Fig. 3 zeigt einen Längsschnitt durch einen dritten Kraftmesser 60 in vereinfachter Darstellung, der sich vom ersten Kraftmesser 10 nach Fig. 1 wie folgt unterscheidet, wobei für gleiche Bauelemente gleiche Bezugszeichen verwendet werden.

Der dritte Kraftmesser 60 hat vor allem einen einseitig gelagerten Bolzen 61 sowie einen Sensor 62, mit dem Kräfte in zwei zueinander senkrecht stehenden Ebenen meßbar sind.

Der im wesentlichen rohrförmige Bolzen 61 ist lediglich mit einem aufgeweiteten, hülsenförmigen Abschnitt 63 in einem gehäusefesten Maschinenteil 64 gelagert. In einem frei auskragenden Ende 65 befindet sich die Einspannstelle 26 für den Meßstab 19. Der Meßstab 19 ragt mit seinem freien Ende 23 in den Bereich des hülsenförmigen Abschnitts 63, wo er dem Sensor 62 unmittelbar gegenüberliegt. Der Sensor 62 weist in einem Kolbenteil 25 einen Doppel-E-förmigen Spulenkern 66 auf, dessen Ausbildung aus der perspektivischen Darstellung nach Fig. 4 näher erkennbar ist. Dieser Spulenkern 66 weist neben den bisherigen Polen 33, 34 und 35 mit den zugehörigen Spulen 39 und 41 sowie den Anschlußpunkten 42 in einer dazu senkrecht verlaufenden Ebene einen vierten (67) sowie einen fünften Pol 68 auf, denen Spulen 69 bzw. 71 zugeordnet sind. Zu dieser zweiten E-förmigen Spulenanordnung gehören die zweiten Anschlußpunkte 72. Das freie Ende 23 des Meßstabes 19 bildet nun im dritten Kraftmesser 60 anstelle der bisherigen zwei nun mehr vier gleich große Luftspalte bei unbelastetem Bolzen 61.

Die Wirkungsweise des dritten Kraftmessers 60 ist grundsätzlich mit derjenigen des ersten Kraftmessers 10 nach Fig. 1 vergleichbar, wobei sich Unterschiede vor allem daraus ergeben, daß der Bolzen 61 im Maschinenteil 64 nur einseitig eingespannt ist und infolge der Meßanordnung mit Doppel-E-förmigen Spulenkern 66 eine Messung von Kräften in zwei verschiedenen Ebenen möglich ist, wie dies vereinfacht durch die Pfeile 73 in Fig. 4 dargestellt wird.

Die Fig. 5 zeigt in vereinfachter Weise einen Traktor 80 mit einer elektrohydraulischen Hubwerks-Regelrichtung 81, bei der die dritten Meßbolzen nach Fig. 3 angewandt werden. Am Traktor 80 ist ein Heckpflug 82 über einen ersten Kraftmesser 83 schwenkbar ange-

lenkt, der sowohl die horizontale Kraft F_H sowie die vertikale Kraft F_V erfaßt und seine Signale an ein elektronisches Steuergerät 84 meldet. Der erste Kraftmesser 83 ist Teil eines ersten, heckseitigen Regelkreises 85 zu dem ferner ein erster Sollwertgeber 86, ein erstes Regelventil 87 sowie ein erster Kraftheber 88 zählen.

In entsprechender Weise ist am Traktor 80 ein Frontpflug 89 über einen zweiten Kraftmesser 91 angelenkt, der ebenfalls die horizontalen Kräfte F_H sowie die vertikalen Kräfte F_V mißt und dementsprechende Signale an das elektronische Steuergerät 84 meldet. Der zweite Kraftmesser 91 ist Teil eines zweiten Regelkreises 92, zu dem ferner ein zweiter Sollwertgeber 93, ein zweites Regelventil 94 sowie ein zweiter Kraftheber 95 zählen. Eine den beiden Regelkreisen 85, 92 zugeordnete Hydraulikanlage wird von einer Hydropumpe 96 mit Druckmittel versorgt.

Im ersten Regelkreis 85 wird ferner die Lage des Heckpfluges 82 von einem Lageaufnehmer 97 an das elektronische Steuergerät 84 gemeldet.

Durch die Verwendung von Kraftmessern 83, 91, die neben den horizontalen Kräften zugleich auch die vertikalen Kräfte erfassen, kann die elektrohydraulische Hubwerks-Regelrichtung 81 in vorteilhafter Weise in verschiedenen Regelungsarten betrieben werden.

Eine besonders zweckmäßige Regelungsart ergibt sich, wenn die Horizontalkraft F_H des ersten Kraftmessers 83 für eine Zugkraftregelung des Heckpfluges ausgenutzt wird und zugleich die Signale der Vertikalkraft F_V für eine stabilisierende Rückkoppelung im ersten Regelkreis 85 benutzt werden. Diese Stabilisierung des ersten Regelkreises 85 kann sowohl bei alleiniger Zugkraftregelung als auch in Kombination mit Lageregelung durchgeführt werden, wobei dann zusätzlich die Signale des Lageaufnehmers 97 in dem elektronischen Steuergerät 84 verarbeitet werden.

Ferner kann es vorteilhaft sein, in dem ersten Regelkreis 85 allein die vertikale Kraft F_V des ersten Kraftmessers 83 als Regelgröße zu verarbeiten. Dadurch läßt sich eine Art Raddruckverstärkung erzielen.

Eine vorteilhafte Regelungsart ergibt sich ferner, wenn die vertikale Kraft F_V des ersten Kraftmessers 83 dazu verwendet wird, um die Vorderachslast zu regeln oder auch nur zu begrenzen. Für diesen Fall kann auf einen an der Vorderachse angeordneten, zusätzlichen Lastsensor verzichtet werden, da zwischen der Vorderachslast und F_V am Kraftmesser 83 ein gewisser Zusammenhang besteht und daher mit einfachsten Mitteln diese Hilfsgröße F_V geregelt werden kann, was eine Kosteneinsparung ergibt.

Eine weitere vorteilhafte Anwendung ergibt sich, wenn die Vertikalkraft F_V des ersten Kraftmessers 83 dazu benutzt wird, um eine aktive Schwingungsdämpfung zu erreichen. Solche Schwingungen treten besonders dann auf, wenn der Traktor 80 mit nach oben ausgehobenem Heckpflug 82 besonders auf unebenen Fahrbahnen schnelle Transportfahrten durchführen soll. Die Hubwerks-Regelrichtung 81 kann nun im ersten Regelkreis 85 dazu benutzt werden, daß der als Tilgermasse benutzte Heckpflug 82 stets in einer die Schwingungen dämpfenden Weise gesteuert wird, wodurch eine übermäßige Entlastung der Vorderachse vermieden und damit die Lenkfähigkeit des Traktors aufrechterhalten wird.

Ferner ergibt sich eine besonders zweckmäßige Regelungsart des Frontpfluges 89, wenn die Vertikalkraft F_V im zweiten Kraftmesser 91 als Regelgröße im zweiten Regelkreis 92 benutzt wird. Dabei läßt sich diese

Betriebsart noch verbessern, wenn die Horizontalkraft F_H des zweiten Kraftmessers 91 zusätzlich zur Begrenzung der maximalen Belastung am Traktor 80 herangezogen wird.

Selbstverständlich sind Änderungen an den gezeigten 5
Ausführungsformen der Kraftmesser und bei deren Anwendung möglich, ohne vom Gedanken der Erfindung abzuweichen. So kann bei dem Kraftmesser nach Fig. 1 der Meßeffect auch nach dem Prinzip eines Differenztransformators gewonnen werden, wobei dann zusätzlich zu den äußeren Schenkeln 29 und 32 auch der 10
mittlere Schenkel 31 mit einer Spule versehen ist. Das Prinzip des Differenztransformators kann auch bei einer Ausbildung nach Fig. 3 und 4 verwendet werden. Der Kraftmesser 60 zur Ermittlung von horizontalen 15
und vertikalen Kräften kann selbstverständlich auch in anderen Arbeitsfahrzeugen vorteilhaft verwendet werden, wo Kräfte in verschiedenen Ebenen gemessen und insbesondere zur Regelung herangezogen werden sollen. 20

25

30

35

40

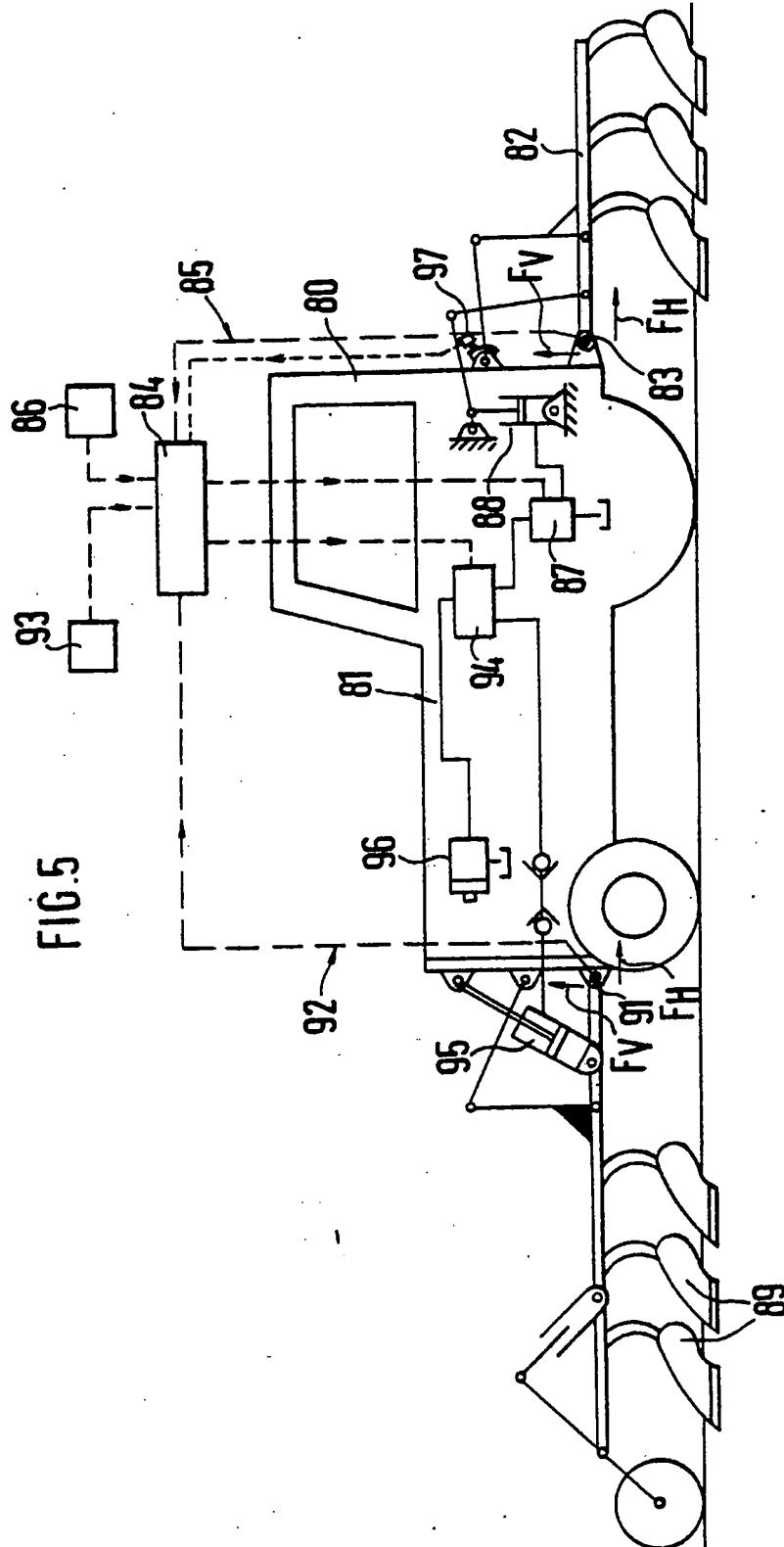
45

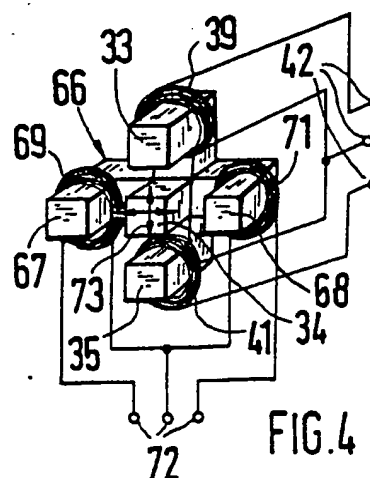
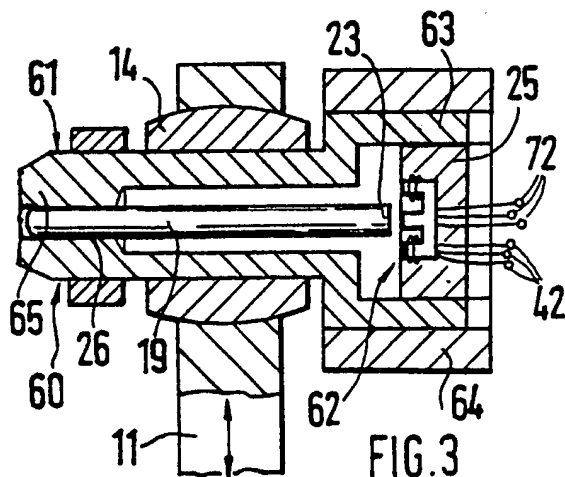
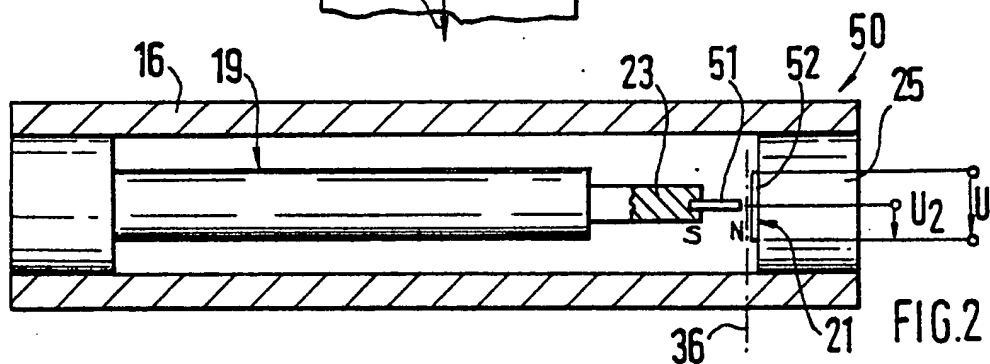
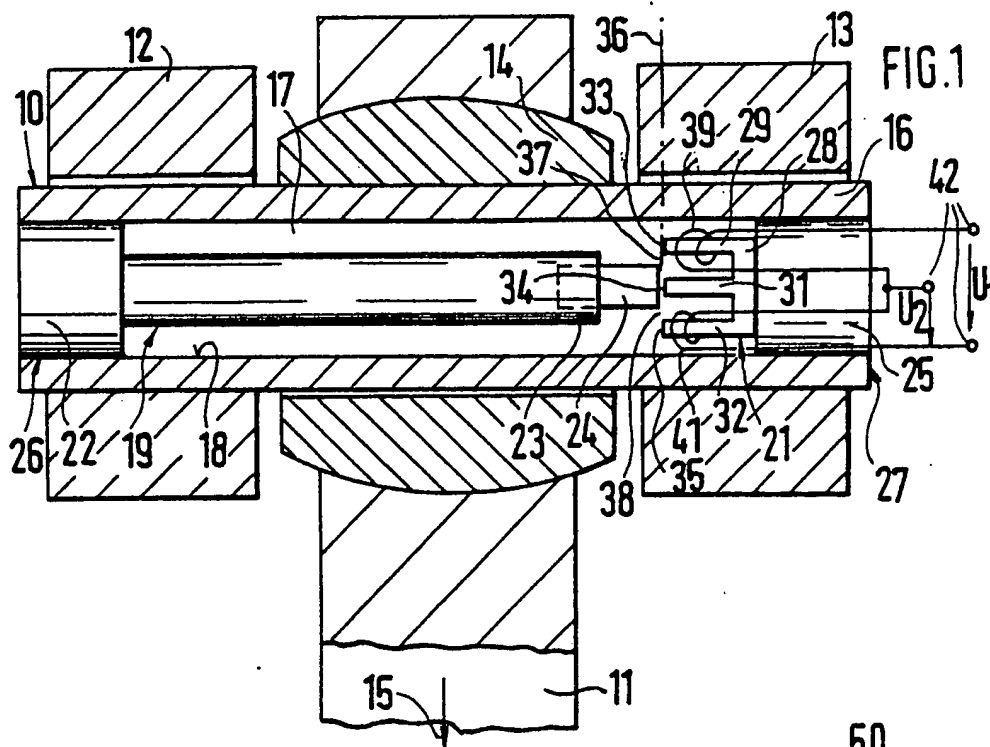
50

55

60

65





ORIGINAL INSPECTED